

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re: Jung-Hun Seo et al.

Serial No.: To Be Assigned

Filed: Concurrently Herewith

For: METHODS OF FORMING ALUMINUM STRUCTURES IN  
MICROELECTRONIC ARTICLES AND ARTICLES FABRICATED THEREBY

Date: July 16, 2003

Mail Stop Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

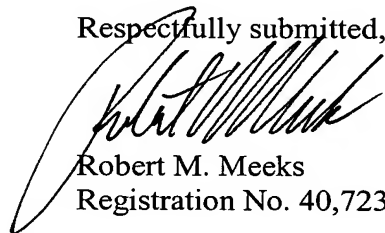
**SUBMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT**

Sir:

To complete the requirements of 35 USC 119, enclosed is a certified copy of the  
following Korean priority application:

10-2002-0050491, filed August 26, 2002.

Respectfully submitted,



Robert M. Meeks  
Registration No. 40,723

Correspondence Address:

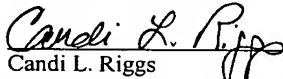


**20792**

PATENT TRADEMARK OFFICE

"Express Mail" mailing label number EV 353610143 US  
Date of Deposit: July 16, 2003

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.



Candi L. Riggs  
Date of Signature: July 16, 2003



대한민국 특허청  
KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2002-0050491  
Application Number

출원년월일 : 2002년 08월 26일  
Date of Application AUG 26, 2002

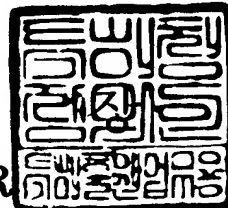
출원인 : 삼성전자주식회사  
Applicant(s) SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.



2003      년    02      월    27      일

특      허      청

COMMISSIONER





## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2002.08.26
【발명의 명칭】	알루미늄 콘택의 형성 방법
【발명의 영문명칭】	Method of forming Al contact
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【대리인】	
【성명】	임창현
【대리인코드】	9-1998-000386-5
【포괄위임등록번호】	1999-007368-2
【대리인】	
【성명】	권혁수
【대리인코드】	9-1999-000370-4
【포괄위임등록번호】	1999-056971-6
【발명자】	
【성명의 국문표기】	서정훈
【성명의 영문표기】	SEO, JUNG HUN
【주민등록번호】	740120-1347916
【우편번호】	210-360
【주소】	강원도 강릉시 난곡동 431
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	최길현
【성명의 영문표기】	CHOI, GIL HEYUN
【주민등록번호】	661001-1009316
【우편번호】	449-910
【주소】	경기도 용인시 구성면 보정리 행원마을 동아솔레시티아파트 104동 10 1호
【국적】	KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 윤주영  
**【성명의 영문표기】** YUN, JU YOUNG  
**【주민등록번호】** 680103-1024830  
**【우편번호】** 158-071  
**【주소】** 서울특별시 양천구 신정1동 신시가지9단지아파트 922동 903호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 김병희  
**【성명의 영문표기】** KIM, BYUNG HEE  
**【주민등록번호】** 690103-1047627  
**【우편번호】** 156-090  
**【주소】** 서울특별시 동작구 사당동 1137 신동아아파트 503동 202호  
**【국적】** KR

**【발명자】**

**【성명의 국문표기】** 양승길  
**【성명의 영문표기】** YANG, SEUNG GIL  
**【주민등록번호】** 730818-1231229  
**【우편번호】** 449-901  
**【주소】** 경기도 용인시 기흥읍 농서리 산24번지  
**【국적】** KR

**【심사청구】**

청구

**【취지】**

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
 임창현 (인) 대리인  
 권혁수 (인)

**【수수료】**

<b>【기본출원료】</b>	20 면	29,000 원
<b>【가산출원료】</b>	14 면	14,000 원
<b>【우선권주장료】</b>	0 건	0 원
<b>【심사청구료】</b>	14 항	557,000 원
<b>【합계】</b>		600,000 원

**【첨부서류】**

1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

알루미늄 콘택을 형성하는 방법을 제공한다. 이 방법은 반도체 기판 상에 층간 절연막을 형성하고, 상기 층간 절연막을 패터닝하여 리세스된 영역을 형성한다. 상기 리세스된 영역을 갖는 반도체 기판의 전면 상에 상기 리세스된 영역의 프로파일을 따르는 콘포말한 금속막을 형성한다. 상기 금속막의 표면에 플라즈마 처리를 적용한다. 이 경우에, 상기 층간 절연막의 상부면 상의 상기 금속막은 상기 리세스된 영역 내의 상기 금속막에 비하여 상대적으로 상기 플라즈마 처리에 더욱 지배를 받는다. 이에 따라, 상기 플라즈마 처리된 반도체 기판 상에 알루미늄막을 형성하는 경우에, 상기 리세스된 영역 내에서의 알루미늄막의 증착속도가 상기 층간 절연막의 상부면 상에서의 상기 알루미늄막의 증착속도보다 빠르도록 조절할 수 있다. 결과적으로, 상기 리세스된 영역 내부를 상기 알루미늄막으로 보이드 없이 완전히 채울 수 있으므로 신뢰성 있는 알루미늄 콘택을 형성할 수 있다. 또한, 상기 알루미늄막을 160℃ 이하의 저온에서, MPA를 소스가스로 공급하여 증착하여 매끄러운 표면 모폴로지(morphology)와 치밀화된 막질을 얻을 수 있다.

**【대표도】**

도 2e

**【색인어】**

콘택홀, 플라즈마, 단차도포성

**【명세서】****【발명의 명칭】**

알루미늄 콘택의 형성 방법{Method of forming Al contact}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1a 및 도 1b는 종래 기술에 따른 알루미늄 콘택을 형성하는 과정을 나타내는 공정 단면도들이다.

도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따라 알루미늄 콘택을 형성하는 과정을 순차적으로 나타내는 공정 단면도들이다.

도 2f는 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따라 알루미늄 콘택을 형성하는 방법을 설명하기 위한 단면도를 나타낸다.

도 3은 본 발명과 종래 기술에 따라 증착된 알루미늄막의 두께를 나타내는 그래프이다.

도 4는 본 발명에 따른 방법의 실시예에 따라 제작된 콘택 구조체의 단면을 전자 투과 현미경(TEM)으로 촬영한 사진이다.

도 5a 및 도 5b는 각각 본 발명과 종래 기술에 따라 제작된 알루미늄 콘택 구조체를 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)으로 촬영한 사진들이다.

도 6a 및 6b는 각각 본 발명과 종래 기술에 따라 제작된 알루미늄 콘택 구조체를 주사 전자 현미경(SEM)으로 촬영한 사진들이다.

## 【발명의 상세한 설명】

## 【발명의 목적】

## 【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <8>        본 발명은 도전성 콘택을 형성하는 방법에 관한 것으로, 좀 더 상세하게 알루미늄 콘택을 형성하는 방법에 관한 것이다.
- <9>        반도체 장치에서 배선과 배선, 배선과 불순물 주입 영역, 또는 배선과 트랜지스터를 전기적으로 연결하는 콘택은 알루미늄등의 도전성 물질로 이루어진다. 반도체 소자의 금속 배선 구조가 고집적화 및 다층화됨에 따라, 콘택홀의 종횡비(aspect ratio)가 증가하고 있다. 이에 따라, 종래의 알루미늄(Al)의 스퍼터링(sputtering) 또는 CVD와 같은 증착 공정을 통한 금속 배선 형성 방법은 콘택홀이 높은 단차를 가지며 크기가 작은 경우에는 콘택홀 내부에 보이드(void) 결함이 발생하거나 단차도포성(step coverage) 불량을 유발한다.
- <10>       도 1a 및 도 1b는 종래 기술에 따른 알루미늄 콘택을 형성하는 과정을 나타내는 공정 단면도들이다.
- <11>       도 1a 및 도 1b를 참조하여, 반도체 기판(1)에 하부막(3)을 형성하고 도전부(5)를 형성한다. 상기 도전부(5)를 덮는 층간절연막(7)을 형성하고 상기 층간 절연막(7)을 관통하며 상기 도전부(5)의 상부를 노출시키는 콘택홀(8)을 형성한다. 상기 콘택홀(8)이 형성된 상기 반도체 기판(1) 상의 전면에 오믹(ohmic) 금속막(9)을 적층한 후, 금속막(10)을 얇게 적층한다. 상기 금속막(10) 상에 알루미늄막(11)을 스퍼터링 또는 CVD등의 증착 방법으로 적층한다. 상기 알루미늄막(11)은 도 1a와 같이 콘택홀(8) 입구와 그 주

변에는 잘 적층되지만 콘택홀(8) 내부에는 연속적으로 적층되기가 어렵다. 따라서 상기 콘택홀(8) 입구 밖에 비해 안쪽이 증착 막의 두께가 얇으며 상기 콘택홀(8) 안에는 작은 섬들처럼 상기 알루미늄막(11)이 형성되기도 한다. 상기 알루미늄막(11)을 계속 증착하면 상기 콘택홀(8) 입구가 막혀 상기 콘택홀 내부에는 도 1b와 같이 보이드(V)가 형성되며, 상기 콘택홀(8)안에 상기 알루미늄막(11)이 연속적으로 형성되지 않으면, 후속 리플로우(reflow) 공정을 진행한다 하더라도 상기 콘택홀을 채우기가 어렵다. 따라서, 금속 배선의 신뢰성에 문제를 야기한다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<12> 따라서, 상기 문제를 해결하기 위하여, 본 발명의 기술적 과제는 배선의 신뢰성을 높일 수 있는 알루미늄 콘택의 형성 방법을 제공하는데 있다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<13> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명에 따른 알루미늄 콘택의 형성 방법은 선택적인 플라즈마 처리 단계를 포함하며, 저온에서 알루미늄을 증착하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

<14> 좀 더 구체적으로, 본 발명에 따른 알루미늄 콘택의 형성 방법은 다음과 같다. 먼저, 층간 절연막이 형성된 반도체 기판 상에 리세스된 영역(recessed region)을 형성한다. 상기 리세스된 영역이 형성된 상기 반도체 기판 상의 전면에 금속막을 적층한다. 상기 금속막이 형성된 반도체 기판을 플라즈마 처리한다. 이때, 상기 층간 절연막의 상부면 상의 상기 금속막은 상기 리세스된 영역 내의 상기 금속막에 비하여 상대적으로 상기 플라즈마 처리에 더욱 지배를 받는다. 본 발명에



서는 상기 금속막이 차별적인 플라즈마 처리를 받는 것이 중요하다. 차별적으로 플라즈마 처리를 받기 위해서는 상기 리세스된 영역의 단차가 클수록, 종횡비(aspect ratio)가 클수록, 그리고 크기가 작을수록 좋다. 플라즈마 처리가 차별적으로 되기 위해서 전력과 압력은 높을수록, 그리고 플라즈마 처리 시간은 짧을 수록 좋다. 바람직하게, 상기 플라즈마 처리는 600W~1000W의 전력을 공급하여 진행되며, 1Torr~6Torr의 압력 상태에서 진행될 수 있다. 또한 상기 플라즈마 처리는 바람직하게 60초 이내에 진행될 수 있다. 상기 플라즈마 처리는 Ar, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, 및 NH<sub>3</sub>으로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 하나의 가스를 이용하여 진행된다. 플라즈마 처리된 상기 반도체 기판 상의 전면에 알루미늄막을 160 °C 이하의 온도에서 적층한다.

<15>        상기 방법에 있어서, 상기 금속막은 MOCVD(Metal organic chemical vapor deposition)의 방법으로 형성하는 것이 바람직하다. 상기 금속막은 장벽 금속막(barrier metal layer)이며, 바람직하게 TiN, TaN, TiSiN, 및 TaSiN으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 적어도 하나의 물질로 형성한다. 상기 알루미늄막은 MPA(methylpyrrolidine alane)를 공급하여 CVD의 방법으로 형성될 수 있다.

<16>        상기 방법에 있어서, 상기 금속막을 적층하기 전에, 상기 리세스된 영역이 형성된 상기 반도체 기판 상의 전면에 오믹(ohmic) 금속막을 형성할 수 있다. 상기 오믹(ohmic) 금속막은 Ti 또는 Ta으로 형성할 수 있다.

<17>        상기 방법에 있어서, 상기 알루미늄막을 적층하기 전에, 상기 금속막이 적층된 상기 반도체 기판 상의 전면에 중간 금속막을 형성할 수 있다. 상기 중간 금속막은 Al, W, 또는 Cu로 형성할 수 있다.

- <18>        상기 방법에 있어서, 상기 금속막을 적층하는 단계, 상기 금속막을 선택적으로 플라즈마 처리하는 단계, 및 상기 알루미늄막을 적층하는 단계는 적어도 2회 반복적으로 수행될 수 있다.
- <19>        이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예는 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되어지는 것이다. 층이 다른 층 또는 기판 상에 있다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 층 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 층이 개재될 수도 있다. 도면들에 있어서, 층 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장되어진 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- <20>        <실시예 1>
- <21>        도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 알루미늄 콘택을 형성하는 방법을 나타내는 공정 단면도들이다.
- <22>        도 2a를 참조하여, 반도체 기판(21) 상에 하부막(23)을 적층한 후, 도전부(25)를 형성한다. 여기서, 상기 하부막(23)은 산화막등으로 형성한다. 상기 도전부(25)는 하부배선 또는 게이트 전극일 수 있다. 또는 상기 하부막(23)은 존재하지 않고 상기 도전부(25)는 불순물 주입 영역일 수 있다. 상기 도전부(25)를 덮는 층간절연막(27)을 형성하고, 상기 층간 절연막(27)을 관통하며 상기 도전부(25)의 상부를 노출시키는 콘택홀(29)

을 형성한다. 여기서 상기 콘택홀(29)은 주변과 단차를 갖는 예로써 나타낸 것이며, 비아홀, 트렌치, 듀얼 다마신(Dual Damascene) 공정의 콘택홀, 또는 배선 구르브(groove)와 같은 주변과 단차를 갖는 구멍(hole) 또는 홈(groove)에도 본 발명이 적용가능하다는 것은 당업자에게 있어 명백할 것이다. 상기 콘택홀(29)이 형성된 상기 반도체 기판(21)상의 전면에 오믹(ohmic) 금속막(30)을 적층한다. 상기 오믹(ohmic) 금속막(30)은 Ti 또는 Ta로 형성할 수 있다.

<23> 도 2b를 참조하여, 상기 오믹(ohmic) 금속막(30)이 적층된 상기 반도체 기판(21)상의 전면에 금속막(31)을 얇게 적층한다. 상기 금속막(31)은 MOCVD(Metal organic chemical vapor deposition)의 방법으로 형성한다. 상기 금속막(31)은 TDMAT(tetrakis-dimethyl-amido-titanium)와 같은 금속 유기 원료(Metal organic source)를 공급하여 형성되는 TiN, TaN, TiSiN, 및 TaSiN으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 적어도 하나의 물질로 이루어진다.

<24> 도 2c를 참조하여, 상기 금속막(31)이 형성된 상기 반도체 기판(21)상의 전면에 플라즈마 처리를 한다. 이때, 상기 층간 절연막(27)의 상부면 상의 상기 금속막(31)은 상기 리세스된 영역 내의 상기 금속막(31)에 비하여 상대적으로 상기 플라즈마 처리에 더욱 지배를 받는다. 본 발명에서는 상기와 같이 차별적으로 플라즈마 처리를 받는 것이 중요하다. 차별적으로 플라즈마 처리를 받기 위해서는 플라즈

마 처리조건에서 전력이 높고 처리시간이 짧을 수록 유리하다. 그리고, 압력은 높을수록 유리하다. 또한, 상기 콘택홀의 종횡비(aspect ratio)가 클수록 좋다. 더욱 바람직하게, 상기 플라즈마 처리는 600W~1000W의 전력을 공급하여 진행되며, 1Torr~6Torr의 압력 상태에서 진행될 수 있다. 또한 상기 플라즈마 처리는 바람직하게 60초 이내에 진행될 수 있다. 상기 플라즈마 처리는 Ar, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, 및 NH<sub>3</sub>으로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 하나의 가스를 이용하여 진행된다. 상기 금속막(31)은 금속 유기 원료를 공급하여 형성되기 때문에 탄소등을 많이 함유하고 있다. 금속막(31)이 플라즈마 처리를 많이 받을수록 상기 금속막(31)에 함유되는 탄소등이 많이 제거되며, 그에 따라 Ti 또는 Ta의 함유량이 높아진다. 따라서, 상기 금속막(31)은 선택적인 플라즈마 처리로 인해 탄소가 많이 제거된 금속막(31b)과 탄소가 적게 제거된 금속막(31a)으로 바뀌게 된다.

<25> 도 2d를 참조하여, 선택적으로 플라즈마 처리된 상기 금속막(31) 상에 알루미늄막(33)을 160℃ 이하의 온도에서 적층한다. 상기 알루미늄막(33)을 160℃ 이하의 저온에서 증착하면 증착된 알루미늄막의 표면이 매끄럽고 막질이 치밀화될 수 있다. 상기 알루미늄막은 MPA(methylpyrrolidine alane)를 소스가스로 공급하여 CVD의 방법으로 형성될 수 있다. 종래에는 알루미늄막의 증착 소스가스로 DMEAA(dimethyl ethyl amine alane), DMAH(dimethyl aluminum hydride), 또는 TMAA(trimethylamine alane)등을 사용하나, 본 발명의 MPA는 종래의 증착 소스가스들에 비해 안정성이 우수하고 증착 속도가 상대적으로 낮아, 본 발명의 선택적인 플라즈마 처리 공정에 적합하다.

<26> 상기 알루미늄막(33)은 상기 콘택홀(29) 안에서 연속적으로 형성되며, 상기 알루미늄막(33)은 플라즈마 처리를 많이 받은 상기 금속막(31b) 위보다 상기 콘택홀(29) 내부에 위치하는 플라즈마 처리를 적게 받은 금속막(31a) 상에 두텁게 적층된다.

왜냐하면, 상기 알루미늄막(33)은 플라즈마 처리를 적게 받아 Ti 또는 Ta의 함유량이 보다 적은 금속막(31a)상에서 증착되는 속도가 더 빠르기 때문이다. 즉, 상기 알루미늄막(33)을 적층할때, Ti 또는 Ta는 알루미늄막(33)의 원료가스에서 Al에 붙은 리간드와 결합력이 좋아서 알루미늄막(33)의 증착속도를 느리게 한다. 따라서, Ti 또는 Ta의 함유량이 높을수록 알루미늄막(33)의 증착속도가 느리기 때문에, 플라즈마 처리를 덜 받은 상기 금속막(31a)상에 알루미늄막(33)이 더 많이 증착되게 된다.

<27> 도 2e를 참조하여, 상기 알루미늄막(33)을 CVD 방법으로 계속 적층하여 상기 콘택홀(29)을 채울 수 있다. 다른 방법으로는 상기 알루미늄막(33)을 CVD 방법으로 적층한 후, PVD의 스퍼터링 방법으로 적층하여 상기 콘택홀(29)을 채울 수 있다. 뒤이어, 리플로우(reflow) 공정을 진행할 수도 있다.

<28> <실시예 2>

<29> 도 2f는 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 알루미늄 콘택을 형성하는 방법을 설명하기 위한 단면도를 나타낸다.

<30> 본 발명의 바람직한 다른 실시예는 일 실시예의 도 2a의 상태에서 도 2b내지 도 2d의 과정을 적어도 1회 추가로 반복하여 콘택홀(29)을 채우는 것을 특징으로 한다. 즉, 도 2b의 금속막(31)을 적층하는 단계, 도 2c의 상기 금속막(31)을 선택적으로 플라즈마 처리하는 단계, 및 도 2d의 상기 알루미늄막(33)을 CVD 으로 적층하는 단계를 반복적으로 수행하여 도 2f처럼 상기 콘택홀(29)을 채울 수 있다. 본 실시예에서 막의 종류 및 공정 조건등은 일 실시예와 같다.

<31> <실험예 1>

<32> 본 발명에 있어서 알루미늄막의 소스가스로 MPA가 적합한지를 판단하기 위하여, 그리고 알루미늄막의 적합한 증착 온도를 알아내기 위하여, 본 실험예를 실시하였다.

우선, 복수개의 순수한 실리콘 기판들(bare silicon substrates)을 준비하였다. 상기 기판들 상에 MOCVD 방법을 사용하여 티타늄 질화막(TiN)을 형성하였다.

<33> 상기 티타늄 질화막이 형성된 기판들은 표 1과 같이 4개의 그룹으로 나뉘어져 실험되었다.

<34> 【표 1】

	그룹 1	그룹 2	그룹 3	그룹 4
플라즈마 처리 유무	0	X	0	X
사용된 소스 가스	MPA	MPA	DMEAA	DMEAA

<35> 표 1을 참고하여, 그룹 1과 그룹 3에서는 상기 티타늄 질화막 위에 플라즈마 처리를 하였고, 반면에 그룹 2와 그룹 4에서는 상기 티타늄 질화막 위에 어떠한 플라즈마 처리도 하지 않았다.

<36> 그룹 1과 그룹 3에서의 플라즈마 처리 조건은 아래의 표 2와 같았다.

<37> 【표 2】

플라즈마 가스	전력	가스 유량	반응챔버 온도	반응챔버 압력	시간
아르곤	400W	1500sccm	650℃	5.0Torr	60초

<38> 각각의 그룹들의 기판들 상에 알루미늄 막을 증착하였다. 이때, 알루미늄 막의 증착을 위한 소스가스로, 그룹 1과 그룹 2에서는 본발명의 MPA를 사용하였으며, 그룹 3과 그룹 4에서는 종래 기술의 DMEAA를 사용하였다. 알루미늄막은 60초 동안 증착되었으며,

알루미늄 막의 증착 온도를 130 내지 180℃로 변화시키면서, 증착된 알루미늄 막의 두께를 측정하여 도 3의 그래프를 얻었다.

<39> 도 3을 참조하면, MPA를 사용하여 알루미늄막을 증착한 그룹 1과 그룹 2에서는 알루미늄막의 두께가 전체적으로, DMEAA를 사용한 그룹 3과 그룹 4에 비해 얇았다. 즉, MPA를 사용하여 알루미늄막을 증착하면, DMEAA를 사용한 경우에 비해 증착속도가 느림을 알 수 있다. 이는 MPA의 분자 구조가 DMEAA 보다 안정하기 때문인 것으로 사료된다. 게다가, 증착온도가 160℃ 이하의 저온에서는 그룹 1과 그룹 2의 증착된 알루미늄막의 두께가 플라즈마 처리 유무에 따라 차이가 나는 반면, 그룹 3과 그룹 4에서는 130 내지 180℃의 증착 온도에 걸쳐 증착된 알루미늄 막의 두께가 거의 같음을 알 수 있다.

<40> 따라서, 도 3으로부터, 본 발명에서는 플라즈마 처리 유무에 따라 차별적인 증착속도를 나타내는 소스가스와 증착 온도가 필요하므로, 알루미늄막의 소스가스로 MPA를 사용해야하며 증착 온도가 160℃ 이하이어야 한다는 점을 알 수 있다.

<41> <실험예 2>

<42> 플라즈마 처리 유무에 따라 차별적인 증착 속도를 나타내는 효과를 입증하기 위하여, 제 1 및 제 2 순수한 실리콘 기판들(bare silicon substrates)을 준비하였다. 상기 제 1 및 제 2 기판들 상에 MOCVD 방법을 사용하여 티타늄 질화막(TiN)을 형성하였다. 상기 제 1 기판 상의 상기 티타늄 질화막의 표면에 아르곤 가스를 사용하여 플라즈마 처리 공정을 적용하였다. 이에 반하여, 상기 제 2 기판 상의 상기 티타늄 질화막의 표면에는 어떠한 플라즈마 처리 공정도 적용하지 않았다. 상기 아르곤 플라즈마 처리 공정은 다음의 표 3 과 같은 조건하에서 실시하였다.

<43> 이어서, 상기 플라즈마 처리 공정이 적용된 제 1 기판 및 상기 플라즈마 처리 공정이 적용되지 않은 제 2 기판 상에 알루미늄 막을 CVD 방법을 사용하여 형성하였다. 이때, 상기 알루미늄막은 MPA를 소스가스로 사용하여 증착하였다. 상기 제 1 및 제 2 기판 상의 알루미늄막들은 140℃ 온도에서 60초동안 형성하였다. 그 결과, 다음의 표 2에서 보여진 바와 같이 상기 제 2 기판 상에 형성된 알루미늄 막의 두께는 상기 제 1 기판 상에 형성된 알루미늄 막의 두께보다 큰 값을 보였다. 다시 말해서, 상기 플라즈마 처리 공정이 적용되지 않은 기판 상에 형성된 알루미늄 막은 795Å의 두께를 보였고, 상기 플라즈마 처리 공정이 적용된 기판 상에 형성된 알루미늄 막은 665Å의 두께를 보였다.

<44> 【표 3】

	증착된 알루미늄의 두께
플라즈마 처리함	665Å
플라즈마 처리하지 않음	795Å

<45> <실험예 3>

<46> 도 4는 본 발명의 실시예에 따라 제작된 콘택 구조체의 단면을 전자투과 현미경 (Transmission Electron Microscope, TEM)으로 촬영한 사진이다.

<47> 도 4를 참조하면, 반도체 기판 상에 층간 절연막으로 CVD 산화막을 형성하였다. 상기 CVD 산화막을 패터닝하여 종횡비가 3.5인 콘택홀을 형성하였다. 상기 콘택홀의 깊이 및 직경은 각각 770nm 및 220nm이었다. 상기 콘택홀을 갖는 반도체 기판의 전면에 상기 콘택홀의 프로파일을 따르는 콘포말한 티타늄 질화막을 50Å의 두께로 형성하였다. 상기 티타늄 질화막은 TDMAT를 소스가스로 사용하는 MOCVD 방법으로 형성하였다. 상기 티타늄



질화막이 형성된 반도체 기판의 표면을 플라즈마에 노출시키었다. 상기 플라즈마는 다음의 표 4와 같은 조건 하에서 생성시키었다.

<48> 【표 4】

플라즈마 가스	전력	가스 유량	반응챔버 온도	반응챔버 압력	시간
아르곤	800W	1500sccm	650℃	5.0Torr	20초

<49> 상기 플라즈마 처리된 티타늄 질화막 상에 CVD 공정을 사용하여 알루미늄막을 형성하였다. 상기 알루미늄 막을 형성하기 위한 CVD 공정은 140℃의 온도에서 MPA 가스를 사용하여 실시하였다. 또한, 상기 알루미늄 막은 평판 상에서 600Å의 두께로 형성하였다. 그 결과, 도 4에 도시된 바와 같이, 콘택홀 바깥 부분인 'A' 보다 콘택홀 안쪽인 'B'에 알루미늄막이 더욱 두껍게 적층되었다. 또한 콘택홀 안의 알루미늄막이 연속적으로 형성되었다.

<50> <실험예 4>

<51> 도 5a 및 도 5b는 각각 본 발명과 종래 기술에 따라 제작된 도전성 콘택 구조체를 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)으로 촬영한 사진들이다.

<52> 도 5a 및 도 5b를 참조하여, 입구 폭이 300nm이고, 종횡비가 5.0인 콘택홀이 형성된 반도체 기판 두개를 준비한다. 상기 콘택홀을 갖는 두개의 반도체 기판 상의 전면에서 상기 콘택홀의 프로파일을 다루는 콘포말한 티타늄 질화막을 형성하였

다. 상기 티타늄 질화막은 TDMAT를 소스 가스로 사용하고 MOCVD 방법을 이용하여 형성하였다. 그리고, 도5a의 반도체 기판에는 플라즈마에 노출시키었고 도 5b의 반도체 기판에는 플라즈마에 노출시키지 않았다. 상기 플라즈마는 표 4와 같은 조건하에서 생성시켰다. 각각의 반도체 기판 상에 MPA를 소스가스로 사용하고 CVD 방법을 이용하여 알루미늄막을 증착하였다. 이때 공정온도는 140℃였고, 상기 알루미늄막은 평판상에서 600Å의 두께로 형성하였다. 상기 각각의 콘택홀을 절단한 후 전자투과현미경으로 촬영하여 도 5a 및 5b를 얻었다. 도 5a에서는, 알루미늄 층이 연속적으로 형성이 되었고, 촬영하기 위하여 콘택홀을 절단하는 과정에서 연속적으로 형성된 알루미늄 층이 통째로 뜯겨져 나갔다. 따라서 도 5a는 알루미늄 층이 통째로 뜯겨져 나간 콘택홀을 보인다. 한편 도 5b에서는, 콘택홀 안쪽에 연속적으로 형성되지 못한 섬 모양의 알루미늄을 확인할 수 있었다.

<53> <실험예 5>

<54> 실험예 5에서는 실험예 4의 도 5b에서처럼 종래기술에서 알루미늄 층이 연속적으로 형성되지 못할 경우 리플로우 공정으로 채울수 있는지를 본 발명과 비교하기 위함이다.

<55> 도 6a 및 6b는 각각 본 발명과 종래 기술에 따라 제작된 알루미늄 콘택 구조체를 주사전자 현미경(SEM)으로 촬영한 사진들이다.

<56> 도 6a 및 도 6b를 참조하여, 실험예 3과 같이 입구 폭이 300nm이고, 종횡비가 5.0인 콘택홀이 형성된 반도체 기판 두개를 준비한다. 상기 콘택홀을 갖는 두개의 반도체 기판 상의 전면에 상기 콘택홀의 프로파일을 다루는 콘포말한 티타늄 질

화막을 형성하였다. 상기 티타늄 질화막은 TDMAT를 소스 가스로 사용하고 MOCVD 방법을 이용하여 형성하였다. 그리고, 도6a의 반도체 기판에는 플라즈마에 노출시키었고 도 6b의 반도체 기판에는 플라즈마에 노출시키지 않았다. 상기 플라즈마는 표 4와 같은 조건 하에서 생성시키었다. 각각의 반도체 기판 상에 MPA를 소스가스로 사용하고 CVD 방법을 이용하여 알루미늄막을 증착하였다. 이때 공정온도는 140℃였고, 상기 알루미늄막은 평판상에서 600Å의 두께로 형성하였다. 그리고, 각각의 반도체 기판 상에 PVD 방법을 이용하여 알루미늄을 7400Å 증착하여 상기 콘택홀들을 채웠다. 도 5b와 같이 보이드가 형성되었을 경우를 대비하여 보이드를 제거하기 위한 리플로우 공정을 585℃에서 3분동안 진행하였다. 상기 각각의 콘택홀을 절단하고 전자 주사 현미경으로 촬영하여 도 6a와 도 6b를 얻었다. 도 6a에서는 콘택홀 바닥까지 알루미늄층이 보이드 없이 채워졌지만 도 6b에서는 콘택홀 하부에 섬모양의 알루미늄 덩어리들과 보이드가 형성되었음을 확인할 수 있었다.

<57> 실험예 4와 5를 통해, 알루미늄 층이 연속적으로 형성되지 않으면 리플로우 공정을 진행해도 보이드가 제거되지 않음을 알 수 있다. 첨부하지는 않았지만 종횡비가 6.1인 콘택홀에 대해서도 실험한 결과, 실험예 4 및 5와 같은 결과를 얻을수 있었다.

#### 【발명의 효과】

<58> 본 발명에 의한 알루미늄 콘택을 형성하는 방법에 따르면, 선택적인 플라즈마 처리 단계를 포함함으로써, 콘택홀 내에 보이드를 형성하지 않으며, 단차도포성을 좋게 하여 금속 배선의 신뢰성을 높일 수 있다. 또한, 160℃ 이하의 저온에서 MPA를 소스가스로 공

급하여 알루미늄을 증착하여 매끄러운 표면 모폴로지(morphology)와 치밀화된 알루미늄 막질을 얻을 수 있다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

반도체 기판 상에 층간 절연막을 형성하는 단계;

상기 층간 절연막을 패터닝하여 리세스된 영역(recessed region)을 형성하는 단계 ;

상기 리세스된 영역을 갖는 반도체 기판의 전면 상에 상기 리세스된 영역의 프로파일을 따르는 콘포말한 금속막을 형성하는 단계;

상기 금속막을 갖는 반도체 기판의 표면에 플라즈마 처리(plasma treatment)를 적용하는 단계; 및

상기 플라즈마 처리된 반도체 기판의 전면 상에 160℃이하의 온도에서 알루미늄막을 적층하는 단계를 포함하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 2】**

제 1 항에 있어서,

상기 리세스된 영역은 상기 반도체 기판을 노출시키는 콘택홀인 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 3】**

제 1 항에 있어서,

상기 리세스된 영역은 상기 층간 절연막의 두께보다 작은 깊이를 갖고 폭 및 상기 폭보다 큰 길이를 갖는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 4】**

제 1 항에 있어서,

상기 금속막은 MOCVD(Metal organic chemical vapor deposition)의 방법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 5】**

제 4 항에 있어서,

상기 금속막은 장벽 금속막인 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 6】**

제 5 항에 있어서,

상기 장벽금속막은 TiN, TaN, TiSiN, 및 TaSiN으로 이루어지는 그룹에서 선택되는 적어도 하나의 물질로 형성하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 7】**

제 1 항에 있어서,

상기 알루미늄막은 MPA(methylpyrrolidine alane)를 공급하여 CVD의 방법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 8】**

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 처리는 Ar, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, 및 NH<sub>3</sub>으로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 하나의 가스를 이용하여 진행되는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 9】**

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 처리는 1Torr~6Torr의 압력 하에서 진행되는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 10】**

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 처리는 600~1000W의 전력을 사용하여 진행되는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 11】**

제 1 항에 있어서,

상기 플라즈마 처리는 60초 이내의 시간동안 진행되는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 12】**

제 1 항에 있어서,

상기 금속막을 적층하기 전에,

상기 리세스된 영역이 형성된 상기 반도체 기판 상의 전면에 오믹(ohmic) 금속막을 형성하는 단계를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 13】**

제 12 항에 있어서,

상기 오믹(ohmic) 금속막은 Ti 또는 Ta으로 형성하는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.

**【청구항 14】**

제 1 항에 있어서,

상기 금속막을 적층하는 단계;

상기 금속막을 플라즈마 처리하는 단계; 및

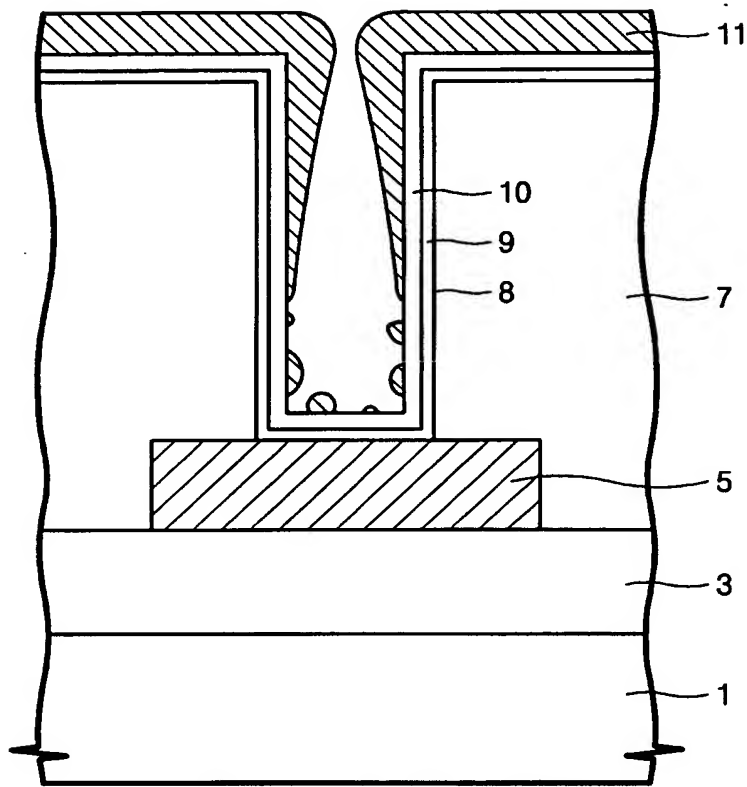
상기 알루미늄막을 적층하는 단계는 적어도 2회 반복적으로 수행되는 것을 특징으로 하는 알루미늄 콘택의 형성 방법.



【도면】

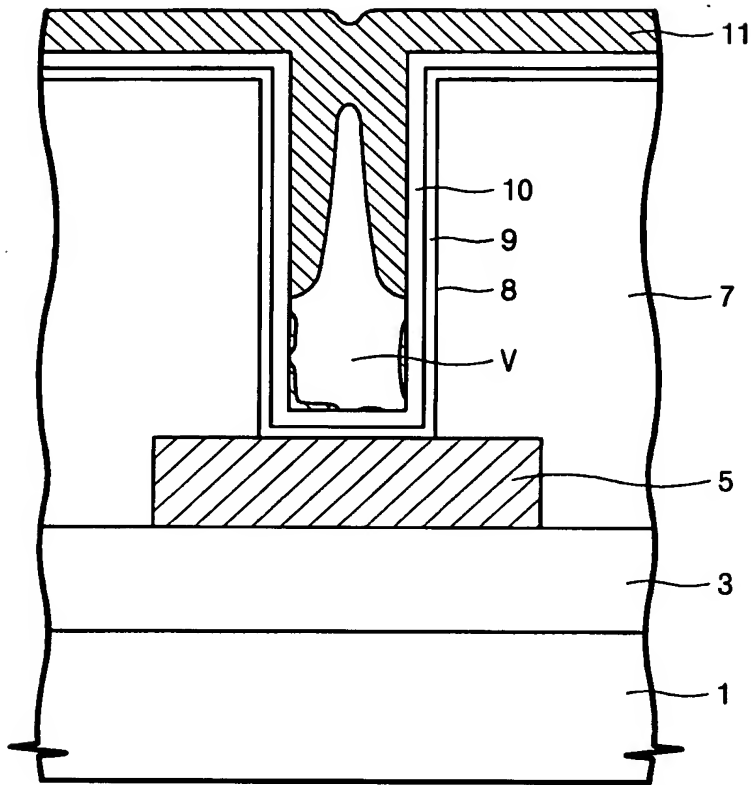
【도 1a】

(종래 기술)

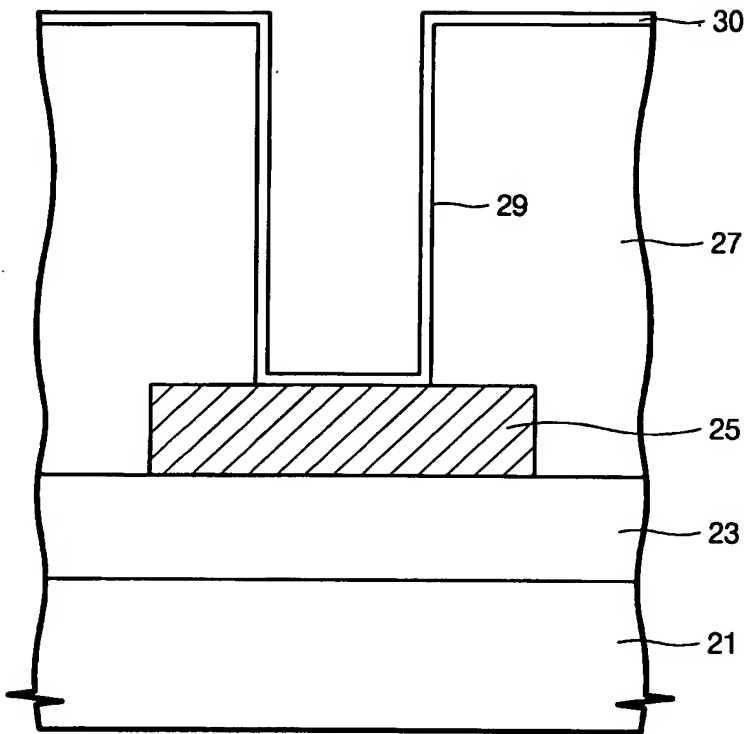


【도 1b】

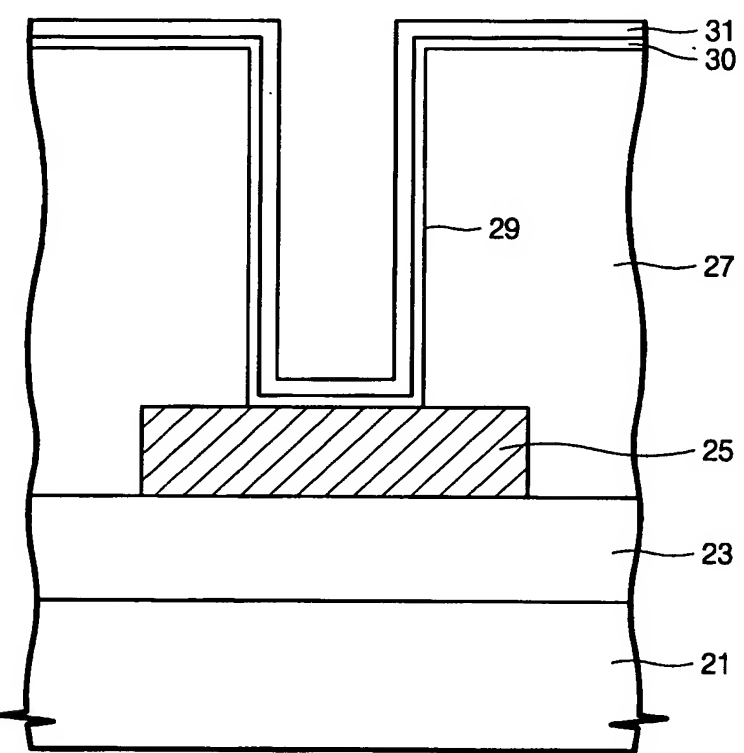
(종래 기술)



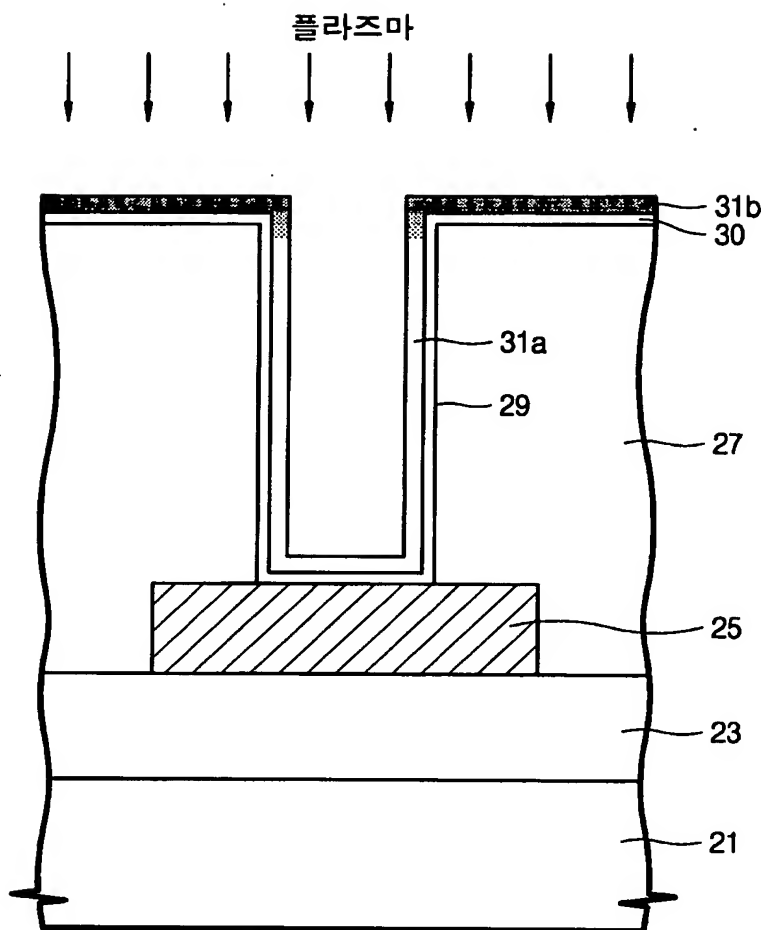
【도 2a】



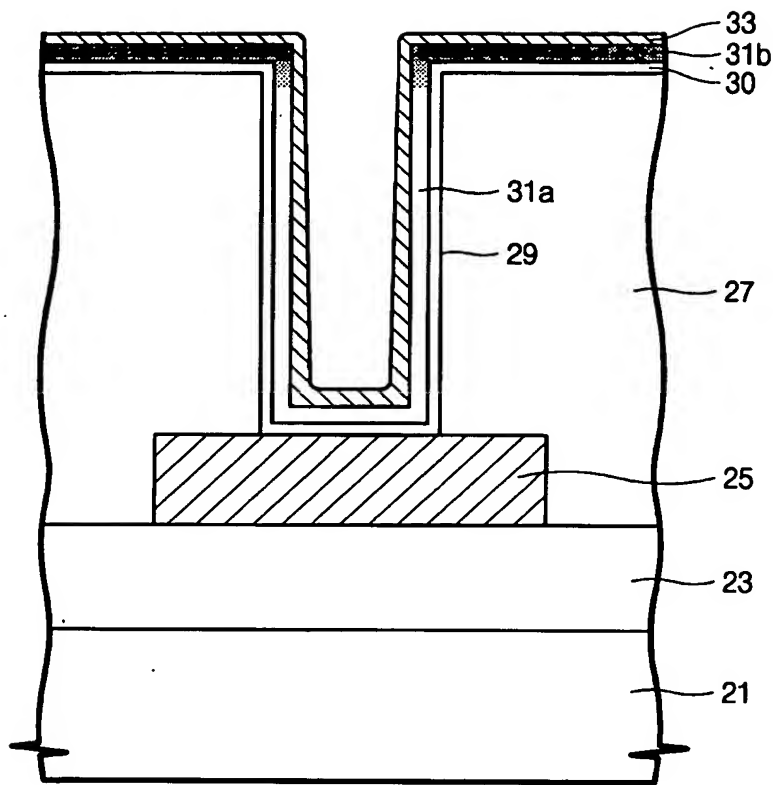
【도 2b】



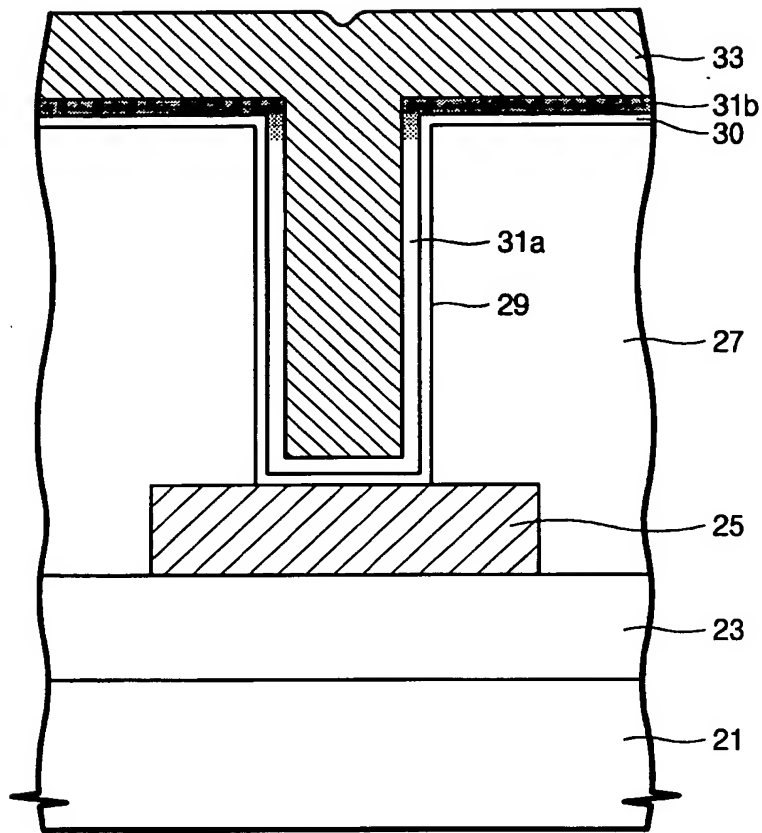
【도 2c】



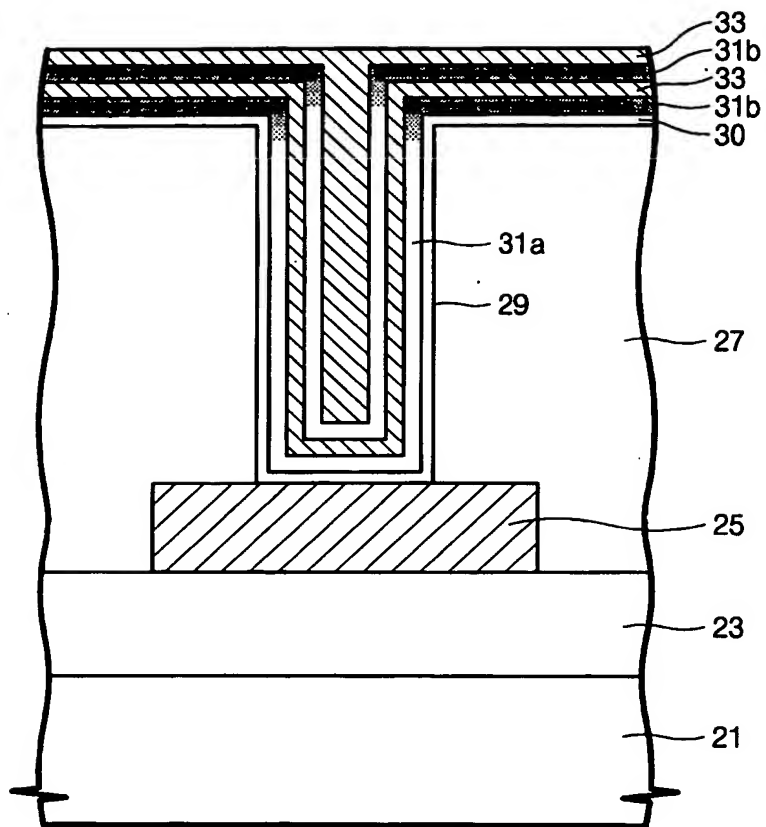
【도 2d】



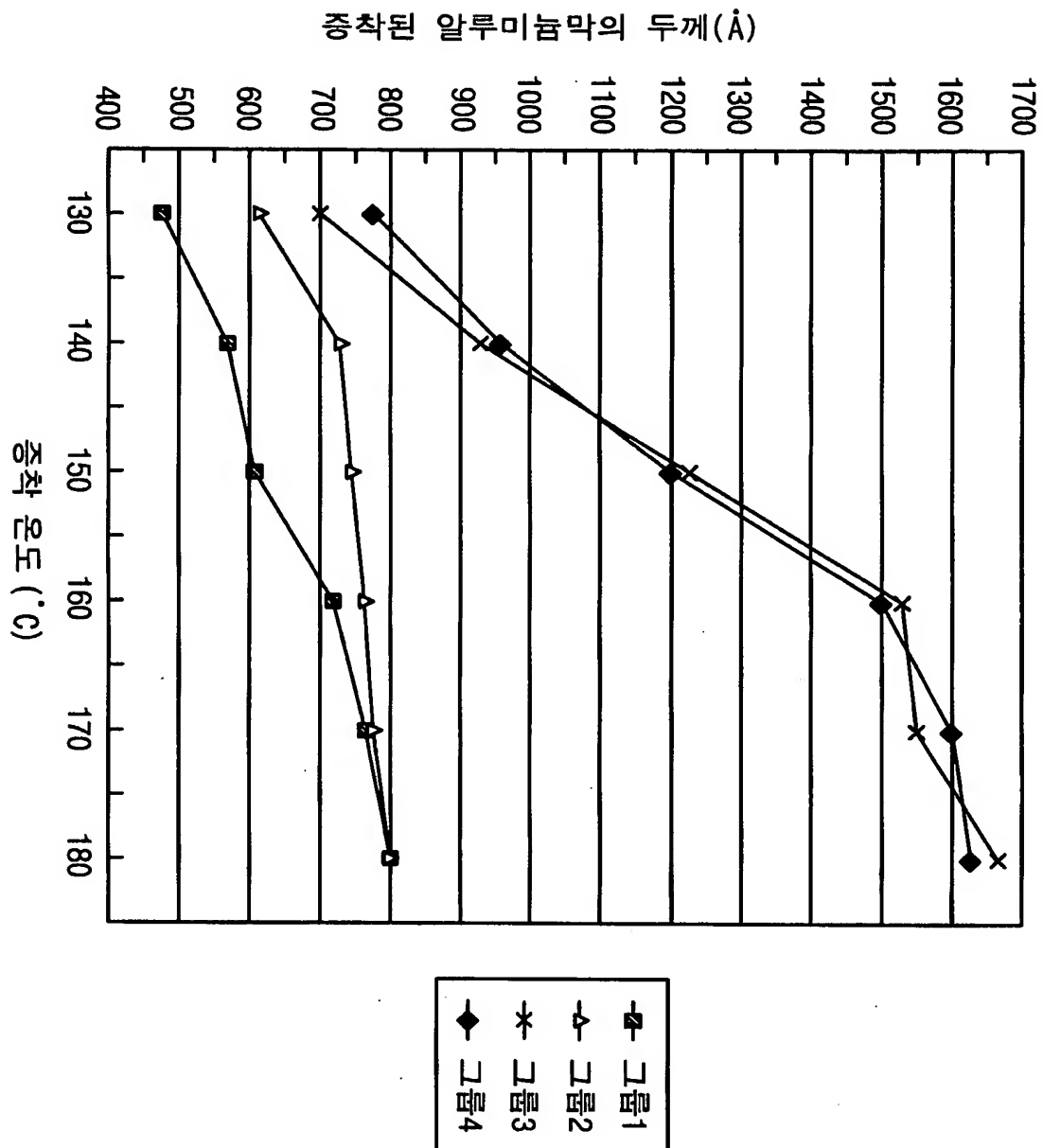
【도 2e】



【도 2f】

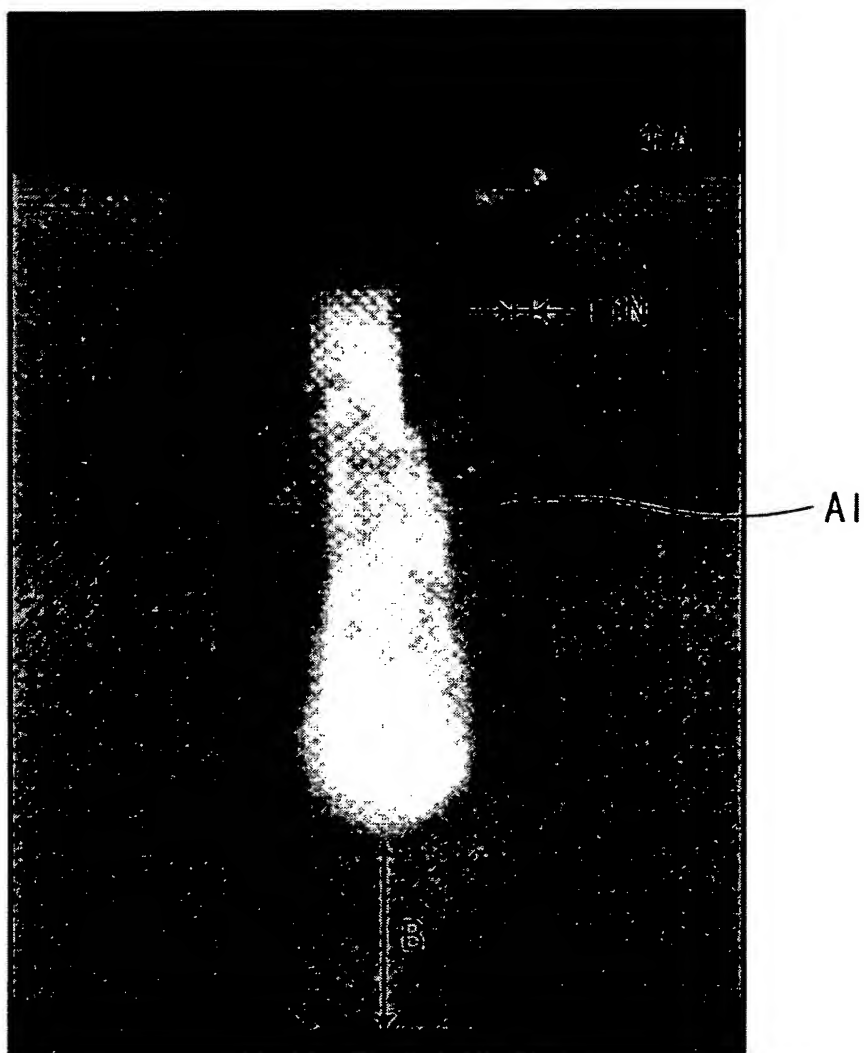


【도 3】

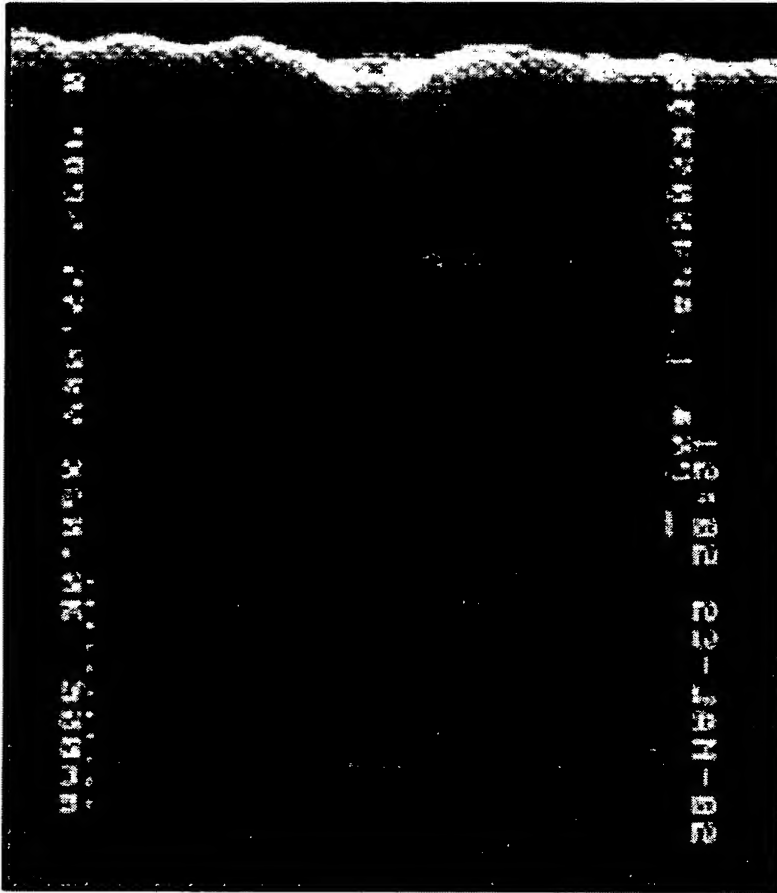




【도 4】

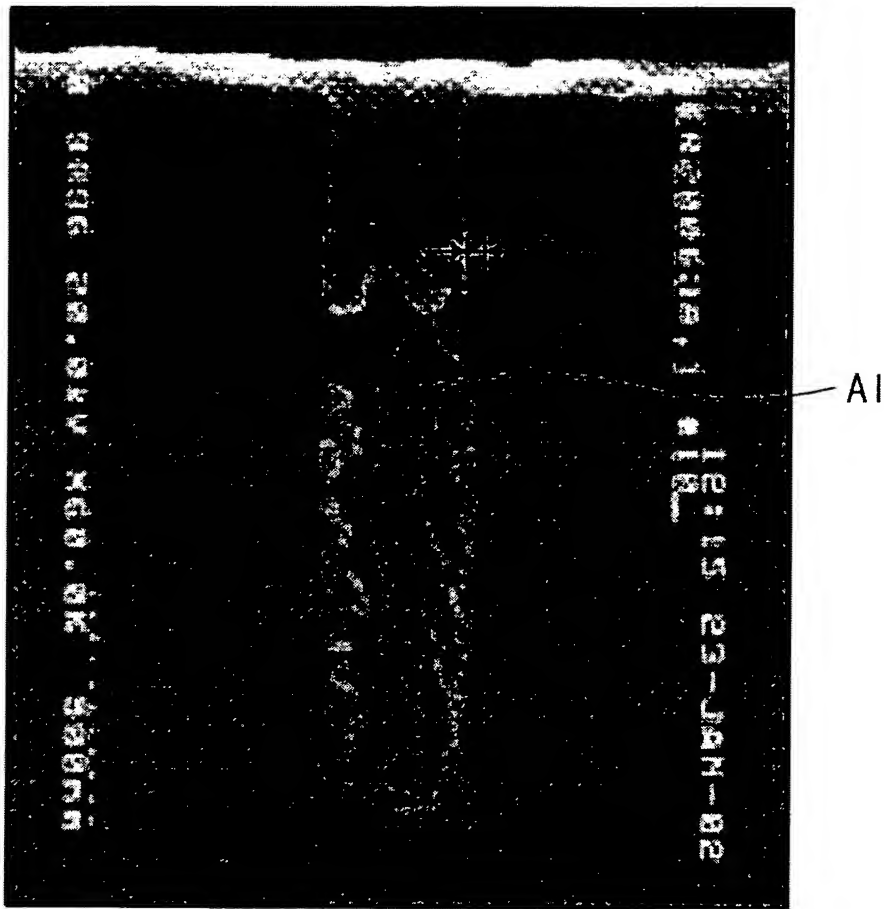


【도 5a】

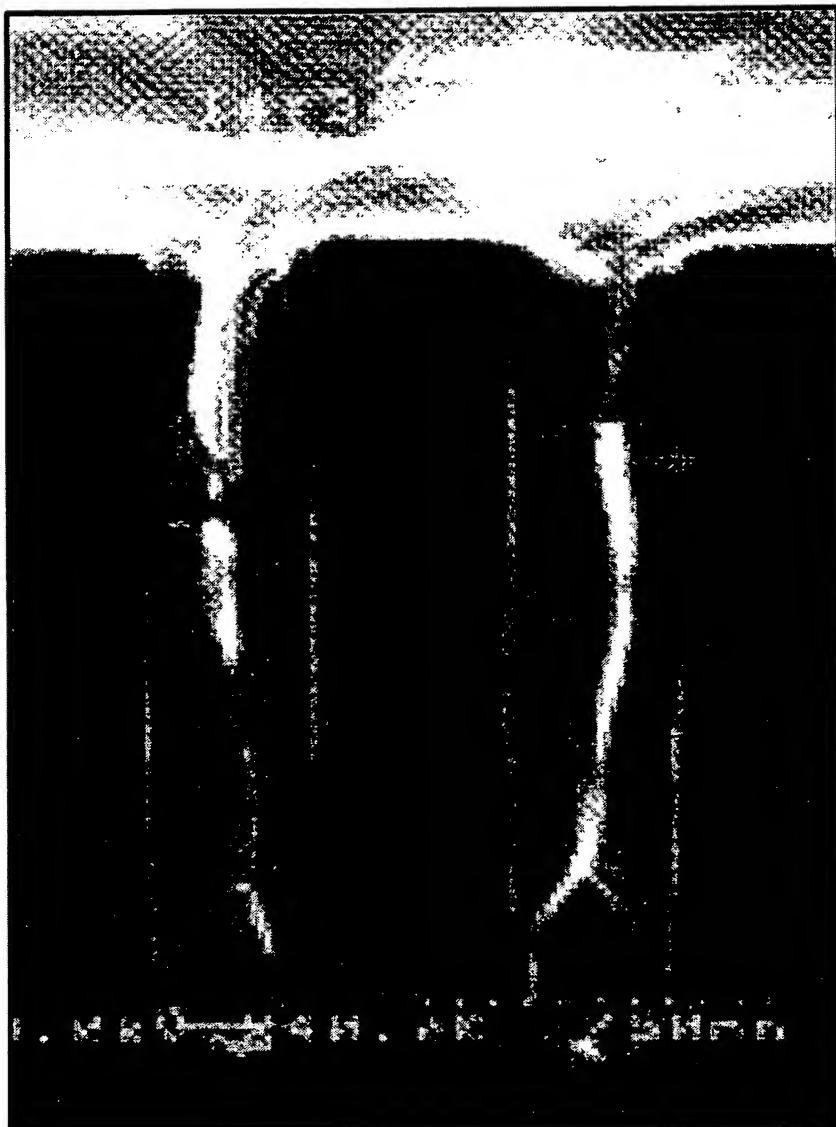


【도 5b】

(종래 기술)



【도 6a】



Al

【도 6b】

(종래 기술)

